

## PANORAMAS SETORIAIS

Mudanças climáticas

# CIMENTO

Pedro Sergio Landim de Carvalho

Pedro Paulo Dias Mesquita

Luciane Melo\*

\* Respectivamente, gerente e economista do Departamento de Indústria de Base da Área de Insumos Básicos do BNDES e gerente do Departamento de Pesquisas e Operações da Área de Pesquisa e Acompanhamento Econômico do BNDES.

## Introdução

A produção de cimento apresenta impacto elevado em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE), com destaque para o dióxido de carbono, que corresponde a quase o total dos GEE emitidos.<sup>1</sup> As emissões dessa indústria em nível mundial são estimadas em cerca de 5% do total das emissões antrópicas de carbono (WBCSD, 2010). No Brasil, a indústria de cimento foi responsável por 29,7% das emissões de CO<sub>2</sub> de processos industriais em 2012 (BRASIL, 2014).

Além de carbono, a produção de cimento emite outros poluentes atmosféricos, tais como material particulado (poeira) e gases vinculados à chuva ácida. Nesse contexto, observa-se o endurecimento progressivo das legislações que determinam os padrões de emissão no Brasil e em outros países (PINHO, 2012).

O cimento é obtido a partir da moagem do clínquer com outros materiais, denominados genericamente de adições. O clínquer é produzido basicamente a partir de calcário e argila, que são britados, moídos e misturados em proporções definidas. Esse material é levado a altas temperaturas em fornos especiais. O processo produtivo do clínquer é, portanto, de forma simplificada, uma combinação de exploração e beneficiamento de substâncias minerais, transformadas por meio do calor (ABDI, 2012).

Em termos mundiais, a maior parte das emissões de carbono da produção de cimento, cerca de 90%, é resultante da geração de energia térmica e da descarbonatação do calcário, etapa do processo industrial em que o calcário, por meio de uma reação química, libera carbono para produção de clínquer. Desse total, estima-se que a geração de energia térmica e a descarbonatação do calcário sejam responsáveis, respectivamente, por 40% e 50% das emissões. Os 10% restantes distribuem-se entre transporte e consumo de energia elétrica na fábrica (ABDI, 2012).

Nem todas as empresas publicam relatórios de sustentabilidade, mas algumas empresas brasileiras participam da Iniciativa de Sustentabilidade do Cimento (Cement Sustainability Initiative), um esforço global para adoção de práticas sustentáveis nessa indústria. As empresas que participam dessa iniciativa responderam por cerca de 20% da produção mundial em 2013.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Emissões de metano respondem por 0,01% do total de emissões nos fornos. Os demais gases de efeito estufa considerados pelo Protocolo de Quioto possuem participação ainda mais baixa nas emissões dessa indústria (ABDI, 2012).

<sup>2</sup> Informações obtidas na base de dados Cement Sustainability Initiative, Getting the Numbers Right (GNR), do World Business Council for Sustainable Development.

## Iniciativas para mitigação das emissões de gases de efeito estufa na produção de cimento

O valor da redução voluntária das emissões definida pelo Plano Indústria para 2020, se aplicado à indústria do cimento, representava, em 2013, um desafio para o setor. A meta de emissão foi determinada para a indústria como um todo, pela redução em 5% do valor estimado de emissões para 2020, obtido a partir da aplicação de uma taxa de crescimento de 5% ao ano às emissões anuais a partir de 2005 (BRASIL, 2013). No período 2004-2013, a produção de cimento cresceu aproximadamente 7% ao ano (SNIC, 2014).<sup>3</sup> O déficit habitacional e a necessidade de realizar investimentos significativos em infraestrutura devem promover o crescimento do consumo, que ainda apresenta níveis *per capita* inferiores à média mundial e a de outros países emergentes. Apesar das elevadas taxas de crescimento observadas desde 2004, em 2012, o consumo *per capita* no Brasil atingiu 353,6 kg/hab, bastante inferior ao consumo da China, Coreia do Sul, Marrocos e Tunísia, por exemplo, e à média mundial, que era de 543 kg/hab. Em 2012, o Brasil foi o quinto maior produtor e o quarto maior consumidor em níveis absolutos, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos (SNIC, 2014).

Os meios mais utilizados para reduzir as emissões de carbono nesse segmento são a produção de cimentos compostos com menor composição de clínquer e o uso de combustíveis alternativos para geração de energia térmica. Entre os combustíveis alternativos, destacam-se o coprocessamento de resíduos, o uso de biomassa e o gás natural (ABDI, 2012).

No que diz respeito às tecnologias mais eficientes disponíveis, a alternativa mais favorável seria a difusão do processo via seca, que representa a maior parte da capacidade instalada no Brasil e, portanto, não teria como provocar uma redução significativa da intensidade de carbono desse segmento da indústria. De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (Snic), o Brasil possui um parque industrial moderno, com instalações eficientes no que diz respeito ao consumo energético, e predomínio dos fornos via seca, que respondem por 99% da produção de cimento no país (SNIC, 2008).<sup>4</sup>

Avalia-se que é possível ampliar o coprocessamento de resíduos no Brasil, que ainda se encontra em níveis inferiores aos observados em países europeus, Estados

---

<sup>3</sup> A redução recente do nível de atividade econômica torna mais fácil atingir a meta de emissões. Entretanto, espera-se que, superadas as dificuldades econômicas conjunturais, o segmento retome a expansão, embora num ritmo de crescimento menos intenso que o observado na última década.

<sup>4</sup> Não há informações sobre qual o percentual das unidades com fornos via seca que utilizam também preaquecedores e precalcinadores. Pinho (2012) aponta que há uma diferença substancial do consumo de energia entre os fornos via seca que utilizam preaquecedores ou calcinadores e aqueles que não contam com esses equipamentos.

Unidos e Japão (ABDI, 2012). O seu crescimento pode ser facilitado, uma vez que 75% das unidades produtoras de cimento integradas no Brasil, responsáveis por 80% da produção de clínquer, possuem licença ambiental e capacidade tecnológica para coprocessar resíduos (PINHO, 2012).<sup>5</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), os resíduos coprocessados em 2013 representam a eliminação de um passivo ambiental de 1,25 milhão de toneladas. Os pneus constituem 23% (286 mil t) do total, equivalentes a 57 milhões de pneus de automóveis (1 t = 200 mil pneus).

Além disso, é possível ampliar o uso de biomassa e de gás natural. É importante destacar, entretanto, que a oferta de combustíveis alternativos pode ser escassa ou de difícil acesso e que o poder calorífico do combustível pode não ser alto o suficiente se comparado ao seu custo (ABDI, 2012).

Quanto ao uso de materiais em substituição parcial ao clínquer, o Brasil apresenta uma situação bastante favorável, com uma das mais baixas taxas de utilização de clínquer no mundo (66,9% em 2013, de acordo com dados do Getting the Numbers Right, do World Business Council for Sustainable Development). A redução adicional dessa taxa depende da disponibilidade de cinzas de termoeletricas e escória de alto-forno siderúrgico, materiais cujas características permitem sua utilização como substitutos parciais ao clínquer. Cabe destacar que há restrições às adições que podem ser utilizadas<sup>6</sup> para cada tipo de cimento produzido.

O predomínio dos fornos via seca, a elevada utilização de substitutos ao clínquer e a crescente participação do uso de coprocessamento de resíduos, resulta em uma menor emissão de carbono quando comparada à média internacional.<sup>7</sup>

Apesar do bom desempenho da indústria do cimento no Brasil no que diz respeito à intensidade de carbono, acredita-se que ainda haja algum espaço para redução adicional, mesmo que incremental, por meio das medidas mencionadas, em especial da ampliação do coprocessamento de resíduos. O Quadro 1, a seguir, sumariza essas ações, bem como apresenta alternativas promissoras que devem se tornar viáveis a longo prazo.

---

<sup>5</sup> Esse autor ressalta que, para coprocessar resíduos, é necessário realizar adaptações nos processos produtivos e na logística, assim como obter licença de órgãos ambientais.

<sup>6</sup> Gesso, escórias de alto-forno siderúrgico, materiais pozolânicos, materiais carbonáticos e cinzas de termoeletricas, denominados genericamente adições, são materiais misturados ao clínquer para produzir cimento. A quantidade e os tipos de materiais utilizados como adições conferem ao cimento certas características, tais como impermeabilidade, durabilidade e resistência a compressão, que estão associadas às suas possíveis aplicações.

<sup>7</sup> De acordo com as informações disponíveis na base de dados Getting the Numbers Right, na comparação com regiões, o Brasil apresentou uma das menores taxas de emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada produzida de cimento em 2013, atrás apenas da América do Sul (Brasil excluído).

Quadro 1: Medidas para redução das emissões de gases de efeito estufa

AÇÃO DE REDUÇÃO	POTENCIAL DE REDUÇÃO	BARREIRAS	P&D	INVESTIMENTO NECESSÁRIO
Eficiência de fornos	Alto	» Troca do tipo de forno é viável somente para novas plantas	Nulo	Muito alto
Reaproveitamento de calor dos fornos (na etapa de preaquecimento e para a cogeração de energia)	Baixo	» Reaproveitamento do calor em outras etapas depende do equipamento existente; » Cogeração de energia é utilizada apenas no Japão, devido aos elevados custos de energia	Nulo	Alto/muito alto
Combustíveis alternativos (coprocessamento de resíduos, biomassa e gás natural)	Alto	» Morosidade no processo de licenciamento pelos órgãos ambientais para coprocessamento; » Oferta de combustíveis alternativos pode ser escassa ou de difícil acesso; » Poder calorífico do combustível pode não ser alto o suficiente se comparado ao seu custo	Baixo (depende do combustível)	Baixo/médio (depende da disponibilidade do combustível)
Cimento com adições	Alto	» Oferta de materiais adicionáveis pode ser restrita	Baixo	Baixo/médio (depende da disponibilidade de materiais)
Novos tipos de cimento (Novacem, Calera, Calix e Geopolímeros)	Alto	» Produzidos em pequena escala; » Não há comprovação de que são viáveis economicamente; » Utilização não foi testada no longo prazo; » Necessidade de requalificar os usuários de cimento; » Geopolímeros possuem limitações de desempenho e apresentam custo mais elevado	Muito alto	Muito alto
Captura e armazenamento de carbono (CCS)	Alto	» Nova tecnologia de baixa maturidade, alto risco de investimento, escala produtiva baixa ou inexistente	Muito alto	Muito alto

Fonte: ABDI (2012) e WBCSD (2010).

O aproveitamento do calor dos fornos em outras etapas do processo produtivo já é realizado. Em unidades equipadas com preaquecedores e precalcinadores, o calor emitido nos fornos é reaproveitado no próprio processo para aquecer o material que será transformado em clínquer. Pinho (2012) aponta que há soluções tecnológicas de cogeração que permitiriam gerar energia a partir do calor residual dos gases. Atualmente só há registro desse aproveitamento no Japão, devido ao elevado custo da energia nesse país (ABDI, 2012).

A adoção de novos tipos de cimento e de tecnologias para captura e armazenamento de carbono (CCS) deve tornar-se alternativa para mitigação das emissões de carbono no longo prazo. Os cimentos que não utilizam clínquer devem inicialmente ocupar nichos de mercado e, caso se mostrem viáveis, ter seu uso difundido (WBCSD, 2010). O

estabelecimento de um custo para as emissões pode incentivar a adoção de inovações que resultem em menor intensidade carbônica no setor. O custo das emissões pode ser definido com o estabelecimento de um imposto ou por um mecanismo de mercado, como o Sistema de Comercialização de Emissões Europeu (*European Union Emissions Trading System – EU ETS*).<sup>8</sup>

## Perspectivas para as emissões na produção de cimento

Como visto, a indústria de cimento no Brasil apresenta uma situação favorável em relação ao restante do mundo, em termos de intensidade de emissão de carbono. A necessidade de realização de investimentos elevados em infraestrutura projeta uma demanda crescente por cimento. A tendência, portanto, é de elevação das emissões brutas do setor.

Para os próximos anos, a ampliação do uso de combustíveis alternativos, com destaque para o coprocessamento, e o aumento do uso de adições, em substituição parcial ao clínquer, devem manter-se como as duas principais forças positivas para a redução da intensidade de carbono do segmento. Em relação ao uso de combustíveis alternativos, é importante destacar que uma característica dos fornos de cimento é sua possibilidade de adaptação para uso de diversos combustíveis diferentes, de tal modo que a escolha baseia-se no custo e na disponibilidade. No longo prazo, as maiores oportunidades de redução para esse segmento estão no desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de carbono e na difusão de substitutos ao cimento.

## Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. *Subsídios para a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para a economia de baixo carbono: caderno 3: nota técnica cimento*. São Paulo, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa Brasil*. 2. ed. Brasília, 2014.

---

<sup>8</sup> O EU ETS é o principal mercado de negociação de carbono em funcionamento no mundo, cobrindo os principais setores emissores de gás carbônico (energia, aço, papel e celulose, cimento, cerâmico etc.) em 31 países (União Europeia, Islândia, Noruega e Liechtenstein). O sistema funciona com o princípio de *cap and trade*, ou seja, é estabelecido um teto para as emissões anuais de gases de efeito estufa (permissões de emissão). A partir desse limite, as empresas participantes recebem ou compram permissões de emissão, que podem ser negociadas, de modo que o limite estabelecido não seja ultrapassado. O custo das permissões cria incentivo para que as empresas adotem medidas para redução de suas emissões.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixo Carbono na Indústria de Transformação*. Brasília, 2013

PINHO, M. *Economia de baixo carbono: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas indústria do cimento*. Ribeirão Preto: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2012.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO – SNIC. *Relatório anual 2008*. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/relat2008-9web.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. *Relatório anual 2013*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2015.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. Cement Sustainability Initiative. *Cement technology roadmap 2009: carbon emissions reductions up to 2050*. Paris, 2010.